

О.Н. Ведерников
УГЛТУ, Екатеринбург, РФ
leskpao@mail.ru

СУШКА, ПРОГРЕВ ДРЕВЕСИНЫ И ИХ ОСОБЕННОСТИ (DRYING, WARMING OF TIMBER AND ITS FEATURES)

В настоящее время отличительной чертой процессов сушки на предприятиях лесного комплекса является отсутствие технологического пара. В качестве теплоносителя для этих целей используется горячая вода. Процесс сушки происходит одновременно с прогревом древесины, это усложняет технологию. В статье приводится описание инженерного решения математической модели процесса, проверенного на практике, на способ получено положительное решение о выдаче патента.

Now distinctive feature of processes drying at the enterprises of a wood complex is the absence technological pair. As the heat-carrier for these purposes hot water is used. The process drying occurs simultaneously with warming of wood, it complicates technology. In clause the description of the engineering decision of mathematical model of the process which has been checked up in practice is resulted on a way the positive decision on distribution of the patent is received.

В настоящее время проанализирован обширный материал по исследованию технологии и техники сушки пиломатериалов в малых лесосушильных камерах, используемых на нижних складах леспромхозов и в предприятиях с небольшими годовыми объемами производства (1500–5000 м³). Основные результаты, полученные по вскрытию закономерностей механизма переноса тепла и влаги к поверхности материала (внешний тепловлагоперенос) и внутри материала (внутренний тепловлагоперенос) сводятся к следующему.

Отличительной чертой этого единого комплексного процесса является тесная взаимосвязь между внешним и внутренним переносом тепла и влаги, наличие нестационарных полей температур и скоростей в обрабатывающей среде (сушильном агенте), нестационарных полей температуры и влагосодержания внутри материала.

Особые трудности вскрытия закономерностей сушки в установках малой мощности при конвективном теплообмене вызывают переменные условия среды, когда перенос тепла к поверхности материала осуществляется одновременно действием теплопроводности и конвекции – это сложный нестационарный кинетический процесс. Под влиянием неравномерного распределения температуры и влагосодержания в высушиваемом пиломатериале создается объемно-напряженное состояние. Это, в свою очередь, является результатом недопущенной усушки различных слоёв материала, что приводит к локальному разрушению или его деформации. В реальных условиях в большинстве таких камер, эксплуатируемых на нижних складах леспромхозов, лесхозов и на малых предприятиях рабочих поселков и городов, где в качестве источника тепла используется горячая вода или энтальпия дымовых газов, процесс сушки древесины осуществляется одновременно с ее начальным прогревом.

Характерный график, отражающий описанный реальный процесс сушки в таких камерах представлен на рис. 1. Совмещенный неизотермический процесс, в отличие от общепринятого (с начальным прогревом в насыщенной паром среде) усложняет продвижение влаги к поверхности материала, вызывая ее перегрев. Наличие температурного градиента внутри материала (температура поверхности больше температуры цен-

тральных слоев) вызывает поток жидкой и парообразной влаги за счет термодиффузии по направлению потока тепла, т.е. к центру сортимента.

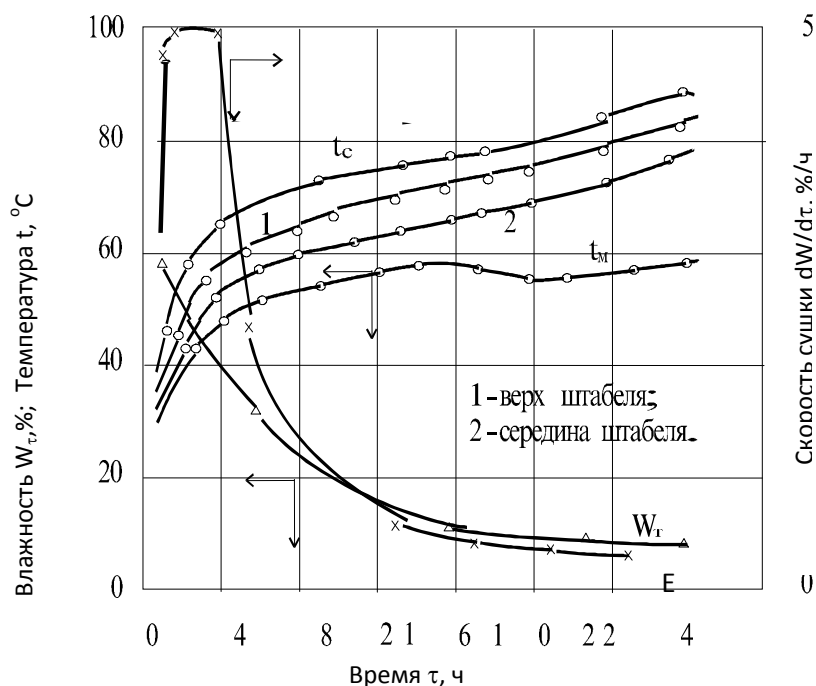


Рис. 1. Температурные кривые и кривая сушки березовых пиломатериалов толщиной 40 мм в камере без их начального прогрева

Перепад температуры препятствует движению влаги к поверхности тела и одновременно уменьшает интенсивность теплообмена за счет уменьшения разности температур между температурой среды и температурой поверхности материала, при этом зона испарения перемещается во внутрь сортимента. Критерий фазового превращения стремится к единице. Рассмотренный выше механизм внутреннего тепловлагоденноса в толще материала при переменных условиях среды, можно описать выражениями, полученными в ранних работах академика А.В. Лыкова [1].

Основываясь на этих зависимостях и опираясь на экспериментальные данные с учетом величины перепада влажности по сечению материала, была получена обобщенная зависимость, характеризующая очень важное положение динамики сушки — величину критерия фазового перехода [2]. Его значение находится в пределах, близких к 0,87, т.е. перенос влаги в высушиваемом материале происходит в виде пара (87 %) и только 13 % в виде жидкости, что значительно увеличивает продолжительность сушки.

Полученный результат подтверждает предположение о том, что при постоянно изменяющихся температурно-влажностных параметрах среды в неизотермических условиях, когда тепловой поток направлен против потока влаги, по мере ее удаления сопротивление переносу из глубинных слоев сортимента возрастает.

Однако, как показали исследования профессора П.С. Серговского [3], испарение влаги с поверхности материала (за счет испарительной способности среды, поскольку степень насыщенности ее меньше единицы) приводит к состоянию, когда $W = W_{н.н.}$, и это вызывает обусловленное диффузией перемещение влаги из нижележащих слоев к поверхности. Когда диффузная зона достигает середины сортимента, влагосодержание по всему его сечению будет ниже предела насыщения.

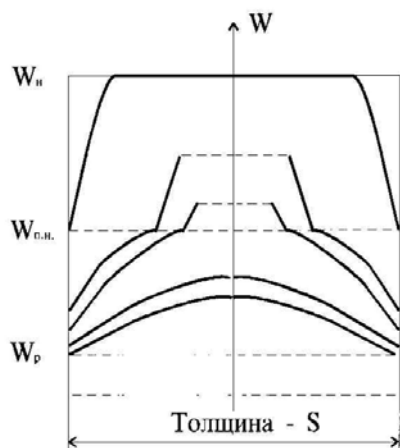


Рис. 2. Распределение влажности по толщине сортифта

Кривые распределения влажности будут иметь вид снижающихся к W_p парабол и скорость сушки практически опустится до нуля (см. рис. 2). Обширные исследования в этом направлении проведены в прошлом столетии в МГУЛ, СПГЛТА, СибГТУ, УГЛТУ и в ЦНИИМОДе. Из изложенного вытекает, что в низкотемпературных лесосушильных камерах малой мощности для определения продолжительности процесса сушки древесины могут быть использованы уравнения, основанные на анализе температурно-влажностных полей древесины с учетом данных как по тепловлагодкоэффициентам, критерию фазового перехода, так и по внутренним источникам тепла в виде испаряемой влаги.

Роль внутренних напряжений в формировании потребительских свойств древесины, как конструкционного материала, известна давно, однако исследованию влияния внутренних напряжений на качество высушиваемых пиломатериалов в достаточ-

ной степени стало уделяться только в семидесятые годы.

Количественная оценка величины внутренних остаточных напряжений в пиломатериалах стала возможной после введения стандартизированного метода по ГОСТу 11603, в основу которого легли результаты исследования динамики развития внутренних напряжений при сушке многостержневой модели, предложенной академиком Б.Н. Уголевым [4]. Модель, в частном случае, характеризует изменение остаточных деформаций в поверхностных и центральных зонах высушиваемых сортиментов. В общем виде внутренние напряжения являются мерой незавершенности релаксационных процессов и зависят от многих факторов, основными из которых являются перепад влажности по сечению сортимента, плотность древесины и жесткость режима сушки. В зависимости от указанных факторов величина остаточных напряжений в высушенном материале колеблется от десятых долей до нескольких единиц мегапаскалей.

Отсутствие технологического пара для искусственного увлажнения среды на малых предприятиях не позволяет качественно проводить конечную влаготеплообработку, поэтому на первом этапе работы для сушильных участков цехов деревообработки леспромхозов рекомендуется своеобразная операция «кондиционирования» пиломатериалов в рабочем объеме камеры при закрытых воздухообменных каналах (температура среды в камере по сухому термометру снижается, при этом влажность воздуха повышается и влажность поверхности древесины стремится к её равновесному состоянию – W_p).

В рамках изучаемого нестационарного тепловлагодпереноса, обобщая результаты исследований, создана аналитическая модель процесса сушки древесины при переменных условиях среды без начального прогрева, её инженерное решение представлено ниже [2].

Сушильный агент:

$$t_c(\tau) = 76(1 - 0,5e^{-0,2\tau} - 0,4e^{-0,025\tau} - 0,1e^{-0,023\tau}),$$

$$W_T(\tau) = 17e^{-0,023\tau}; \quad \Delta t = 48,8[1 - 0,36 \ln W_p(\tau)],$$

$$t_u = t_n + t_c(\tau)[1 - 0,86 \exp(-Pd'Fo) - 0,14 \exp(-H\tau)]$$

Древесина:

$$t_n = t_h + t_c(\tau) [1 - 0,61 \exp(-Pd'Fo) - 0,29 \exp(-H\tau)],$$

$$W_T(\tau) = W_p(\tau) + 51e^{-0,025\tau};$$

$$\nabla W_n(\tau) = \exp(2,3W_T).$$

$$W_n(\tau) = W_p(\tau) + (W_n - W_p^H) \{0,03 \exp [(-0,02\tau) + Pd'Fo]\};$$

$$W_u(\tau) = W_p(\tau) + (W_H - W_p^H) \{0,66 \exp [(-0,02\tau) + Pd'Fo]\}.$$

Основным результатом настоящих исследований можно считать рекомендации по поддержанию степени насыщенности агента сушки за счет влаги, испаряемой из материала.

Анализ динамики развития внутренних напряжений при сушке древесины по методике, предложенной Б.Н. Уголевым и П.С. Серговским с учетом нестационарности процесса сушки, позволил установить, что наиболее безопасным режимом является режим, в котором закон изменения равновесной влажности соответствует нормативному (по ГОСТу 19773), в этом случае полные внутренние напряжения в поверхностной зоне сортифта не превышают предела прочности. Более того, есть возможность несколько «ужесточить» режим с целью его интенсификации. Для проверки изложенного были проведены опытные сушки с определением сорта березовых заготовок до и после сушки. Средний процент перехода заготовок по торцевым и пластевым трещинам в низшие сорта составил 0,75–1,0 %.

Библиографический список

1. Лыков А.В. Тепломассообмен / А.В. Лыков. – М.: Энергия, 1972. – 560 с.
2. Сергеев В.В. Повышение эффективности сушки пиломатериалов: монография / В.В. Сергеев. – Екатеринбург: Уральский государственный лесотехнический университет, 2005. – 225 с.
3. Серговский П.С. Исследование влагопроводности и разработка методов расчета процессов сушки и увлажнения древесины: дис. д-ра техн. наук. Номер спец. 250403, защищена 1953г. Утв.1954 / Павел Семенович Серговский. – М.: 1953. – 659 с.
4. Уголев Б.Н. Деформативность древесины и напряжения при сушке / Б.Н. Уголев. – М.: Лесная пром-сть, 1971. – 175 с.

**Ю.И. Ветошкин, И.В. Коцюба,
Л.И. Шайхлисламова, Г.З. Миннуллина
Д.В.Шейкман**
УГЛТУ, г Екатеринбург, РФ
gulya-exotika@mail.ru

ХИМИКО-МЕХАНИЧЕСКАЯ МОДИФИКАЦИЯ ДРЕВЕСИНЫ ОСИНЫ (CHEMICAL AND MECHANICAL UPDATING OF WOOD OF AN ASPEN)

Представлены результаты поискового эксперимента по химико-механической модификации древесины осины с применением различных полимерных составов. Модификация